

УДК 534.231/534-16 + 621.373

## О ПРИРОДЕ ИСТОЧНИКОВ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОМЕХ ЗВУКОВОГО ЧАСТОТНОГО ДИАПАЗОНА

ПЕТРИЩЕВ О. Н., ПИЛИНСКИЙ В. В., ЧУПАХИН А. С.

*Национальный технический университет Украины  
«Киевский политехнический институт»,  
Украина, Киев, 03056, пр-т Победы 37*

**Аннотация.** Показано, что металлические элементы радиоэлектронной аппаратуры, которые совершают механические колебания в условиях постоянного или низкочастотного магнитного поля могут быть источниками низкочастотных электромагнитных помех. Получено общее решение граничной задачи электродинамики об эмиссии электромагнитного поля стержнем кругового поперечного сечения из металла неферромагнитной группы при гармонических упругих колебаниях в постоянном магнитном поле. Рассмотрен модельный пример для ситуации, когда источником низкочастотного электромагнитного поля выступает стержень кругового поперечного сечения, который совершает продольные гармонические колебания сжатия–растяжения при поперечном постоянном магнитном поле. Дана оценка числовых значений напряженности низкочастотного магнитного поля и наводимого напряжения помехи.

**Ключевые слова:** электромагнитная совместимость; ЭМС; электромагнитные помехи; магнитное поле; механические колебания; неферромагнитный металлический элемент

### ВВЕДЕНИЕ

В современных условиях повышения чувствительности, улучшения других качественных показателей и расширения функций радиоэлектронной аппаратуры различного назначения актуальность обеспечения электромагнитной совместимости ЭМС постоянно возрастает.

Этот тезис справедлив и для оснащенного разнообразной энергонасыщенной функциональной аппаратурой высокой чувствительности, работающей в диапазонах частот от звуковых до гигагерцовых — современного многозального цифрового киноконцертного комплекса [1–4].

Вопросы формирования электромагнитной обстановки (ЭМО) «традиционными» устройствами — непреднамеренными источника-

ми электромагнитных помех (ЭМП): звуко-технической аппаратурой, источниками энергообеспечения, информационными и управляющими приборами и др. опубликованы в ряде работ отечественных и зарубежных специалистов [5–8].

Однако недостаточно внимания уделено специфическим для киноконцертного комплекса источникам низкочастотных ЭМП звукового и ультразвукового диапазонов, обусловленных электромеханическими факторами. Причем низкочастотные электромагнитные помехи различного уровня имеют место также в аппаратных отсеках авиа и космической техники, аппаратных киноконцертных залов и звукозаписывающих студий в компьютерных центрах и других помещениях. Эти электромагнитные помехи килогерцовых час-

DOI: [10.20535/S002134701610006X](https://doi.org/10.20535/S002134701610006X)

© Петрищев О. Н., Пилинский В. В., Чупахин А. С., 2016

# БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Пилинский В.В. Особенности обеспечения электромагнитной совместимости современного киноконцертного комплекса. Часть 2. Формирование электромагнитной обстановки силовыми цепями киноконцертного оборудования / В. В. Пилинский, М. В. Родионова, А. С. Чупахин // Техническая электродинамика. Тем. вып. «Силовая электроника та энергоэффективность». — 2009. — № 4. — С. 3–9.
2. Efficient reduction of electromagnetic interference effects in operational amplifiers / C. Walravens, S. Van Winckel, J. M. Redoute, M. Steyaert // Electron. Lett. — Jan. 2007. — Vol. 43, No. 2. — P. 84–85. — DOI : [10.1049/el:20073026](https://doi.org/10.1049/el:20073026).
3. Richelli A. Design of a folded cascode opamp with increased immunity to conducted electromagnetic interference in 0.18um CMOS / A. Richelli, G. Matig-A, J.-M. Redouté // Microelectronics Reliability. — 2015. — Vol. 55, Nos. 3–4. — P. 654–661. — DOI : [10.1016/j.microrel.2014.12.019](https://doi.org/10.1016/j.microrel.2014.12.019).
4. Elliott Cole Reducing Electromagnetic Interference (EMI) With Low Voltage Differential Signaling (LVDS) Application Report SLLA030C // Texas Instruments Incorporated. — Режим доступа : <http://www.ti.com/lit/an/slla030c/slla030c.pdf>. — Дата доступа : 17.10.2015.
5. Анализ допустимых регламентированных уровней эмиссии и чувствительности оборудования киноконцертного комплекса / В. В. Пилинский, А. С. Чупахин, В. Б. Швайченко, А. А. Довженко // Технологии ЭМС. — 2015. — № 3. — С. 18–25.
6. Пилинский В. В. Особенности обеспечения электромагнитной совместимости современного киноконцертного комплекса. Часть 3. Расчет электромагнитных полей в функционально насыщенном помещении / В. В. Пилинский, В. Б. Швайченко, А. С. Чупахин // Силовая электроника та энергоэффективность. XVIII Международная научно-техническая конференция, Алушта. — 2012. — С. 135–140.

7. Armstrong K. AES-X13 and interference-free pro-audio systems / K. Armstrong, T. Waldron // Electromagnetic Compatibility : IEEE Int. Symp., 19–23 Aug. 2002, Sorrento, Italy : proc. — IEEE, 2002. — Vol. 1. — P. 434–439. — DOI : [10.1109/ISEMC.2002.1032518](https://doi.org/10.1109/ISEMC.2002.1032518).
8. Ott H. W. Electromagnetic Compatibility Engineering / H. W. Ott. — New York : Wiley, 2009. — 843 p.
9. Petrishev O. Electroacoustic effects as motive of power electronics units EMI generation / V. Pilinsky, M. Rodionova, V. Shvaichenko // Electromagnetic Compatibility : 19th Int. Wroclaw Symp. & Exhibition EMC-2008, 11–13 Jun. 2008, Wroclaw : proc. — 2008. — P. 405–410.
10. Смирнов В. И. Курс высшей математики : Т. III, ч. I / В. И. Смирнов. — М. : Наука, 1974. — 324 с.
11. Тихонов А. Н. Математическая модель / А. Н. Тихонов // Математическая энциклопедия : т. 3. — М. : Советская энциклопедия, 1982. — С. 574–575.
12. Новацкий В. Теория упругости / В. Новацкий. — М. : Мир, 1975. — 873 с.
13. Hutson A. R. Elastic wave propagation in piezoelectric semiconductors / A. R. Hutson, Donald L. White // J. Appl. Phys. — 1962. — Vol. 33, No. 1. — P. 40–47. — DOI : [10.1063/1.1728525](https://doi.org/10.1063/1.1728525).
14. Гиперзвук в физике твердого тела / Дж. Та-кер, В. Рэмpton : пер. с англ. под ред. И. Г. Михайлов, В. А. Шутилов. — М. : Мир, 1975. — 453 с.
15. Жарий О. Ю. К вопросу об оценке магнитных эффектов, сопровождающих распространение плоских волн в пьезокерамической среде / О. Ю. Жарий // ДАН УССР. Сер. А. — 1978. — № 8. — С. 705–709.
16. Петрищев О. Н. Магнитные волны в поляризованных поликристаллических магнитострикционных материалах / О. Н. Петрищев // Вестн. КПИ. Электроакустика и звукотехника. — 1990. — № 14. — С. 23–35.
17. Абрамовиц М. Справочник по специальным функциям с формулами, графиками и математическими таблицами / М. Абрамовиц, И. Стиган ; под ред. М. Абрамовица. — М. : Наука, 1979. — 832 с.

Поступила в редакцию ? По-сле переработки ?